

特開平6-45129

(43) 公開日 平成6年(1994)2月18日

(51) Int. Cl. <sup>5</sup>

識別記号

F I

H01F 1/34

A

C04B 35/30

C

H02M 3/28

Q 8726-5H

審査請求 有 請求項の数 2 (全5頁)

(21) 出願番号 特願平4-21947

(22) 出願日 平成4年(1992)1月10日

(71) 出願人 000229829

日立フェライト株式会社

東京都文京区西片1丁目17番8号

(72) 発明者 森山 義幸

鳥取県鳥取市南栄町33番地12号日立フェ  
イト株式会社内

(72) 発明者 小川 共三

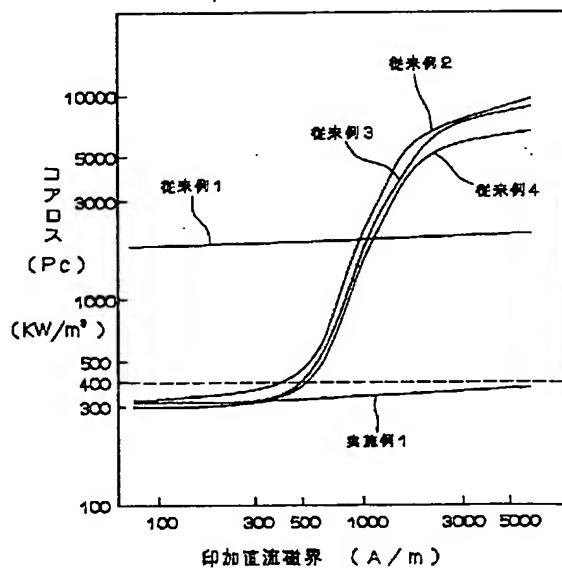
鳥取県鳥取市南栄町33番地12号日立フェ  
イト株式会社内

(54) 【発明の名称】 高周波電源用磁気素子

(57) 【要約】

【目的】 1MHz以上の高い周波数帯域で低損失かつ直流磁界を印加しても低損失性を消失しない高周波電源用磁気素子を提供することを目的とする。

【構成】 パーミンバフェライトで知られる鉄過剰のNi-Zn-Co系フェライト材料で形成した磁気素子に、該磁気素子のB-H曲線のメジャーループにおける保磁力(H<sub>c</sub>)以上の大きさに相当する直流磁界を一旦印加した後、該磁気素子を100℃以上、該磁気素子のキュリー温度をT<sub>c</sub>(℃)とすると、T<sub>c</sub>+100℃以下の温度で加熱(熱処理)することを特徴とする高周波電源用磁気素子であり、該磁気素子を用いることを特徴とする高周波で動作させる共振型スイッチング電源装置又はDC-DCコンバーターである。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  56～65モル%、 $\text{ZnO}$  12～20モル%、 $\text{NiO}$  4～32モル%、 $\text{MnCO}_3$ 、又は $\text{MnO}_2$  0.5～5モル%、 $\text{CuO}$  0.1～6モル%、 $\text{Co}_3\text{O}_4$  0.01～3モル%、 $\text{V}_2\text{O}_5$  0～3重量%の組成範囲からなる酸化物磁性材料で形成した磁気素子に、該磁気素子のB-H曲線のメジャーLoopにおける保磁力(Hc)以上の大きさに相当する直流磁界を一旦印加した後、該磁気素子を100℃以上、該磁気素子のキュリー温度を $T_c$ (℃)とすると、 $T_c+100$ ℃以下の温度で加熱(熱処理)したことを特徴とする高周波電源用磁気素子。

【請求項2】 特許請求の範囲請求項1記載の磁気素子を用いることを特徴とする高周波で動作させる共振型スイッチング電源装置、又はDC-DCコンバーター。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、1MHz以上の高周波における共振型スイッチング電源装置等に用いられるトランスなどの磁気素子用として有効な、高比抵抗かつ低磁気損失を有する酸化物磁性材料、特にその高周波磁気特性の改良に関するものであり、それを用いた高周波で動作させる共振型スイッチング電源装置、DC-DCコンバーターに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、高周波スイッチング電源用トランスは、軽薄短小化が進み、それを実現する為の手段としては、動作周波数の高周波化が最も有効であるとされている。この様な高周波動作に適した磁性材料としては、当該高い周波数帯域で優れた磁気特性すなわち低損失である事が必要とされる。従来、1MHz以下の高周波スイッチング電源トランス用材料としては、 $\text{Mn}-\text{Zn}$ 系酸化物磁性材料いわゆる $\text{Mn}-\text{Zn}$ フェライトを用いることが一般的であった。しかし、1MHz以上の高周波で動作させる場合には、磁気損失が大きく実用的でなかった。また、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ の組成範囲が50モル%未満のいわゆる鉄不足系の $\text{Ni}-\text{Zn}$ フェライトを用いて、1MHz以上の高い周波数帯域での検討は行なわれているが、磁気特性が悪いため、電源用材料として十分な性能を発揮できなかった。また、パーミンバフェライトとして知られる $\text{Fe}_2\text{O}_3$ の組成範囲が50モル%以上の $\text{Ni}-\text{Zn}-\text{Co}$ フェライトは、B-H曲線の原点に狭いウエスト(くびれ)を有する特有のヒステリシスループを備えた材料であり、1MHz以上の高い周波数帯域で、磁気損失が小さく有効な材料であるが、一旦直流磁界がかかると低損失性が完全に失なわれるという重大な欠点を有するために、電源用トランス材料として検討されることはなかった。このパーミンバフェライトの低磁気損失性を有効に利用するための、電源用磁気素子の高周波で動作させる方法が、特開平3-3307号に開示され

ている。これは、要約すると、低損失性を永久に失う臨界磁界のしきい値を超えない範囲で動作させる方法である。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】高周波スイッチング電源トランス用材料としては、ヒステリシス損失の小さい $\text{Mn}-\text{Zn}$ 系酸化物磁性材料を用いることが一般的とされているが、1MHz以上の高い周波数帯域では、磁気損失が急激に増加する。即ち、ヒステリシス損失が増大し、また電気抵抗が $1\Omega\cdot\text{m}$ 以下と小さいために、渦電流損失が増大する。1MHz以上の高周波スイッチング電源に用いた場合、発熱が著しくなり、その結果、熱暴走し、機器全体を破壊する危険があるので、実用化できないという問題点があった。また、高い周波数帯域で、比抵抗が $10^6\Omega\cdot\text{m}$ と大きく渦電流損失が小さい鉄不足系 $\text{Ni}-\text{Zn}$ フェライトでは、保磁力(Hc)や角形比( $B_r/B_m$ )が $\text{Mn}-\text{Zn}$ フェライトに較べて大きいため、ヒステリシス損失が大きく、高周波スイッチング電源用材料として十分な性能を発揮できなかった。さらに、パーミンバフェライトとして知られる $\text{Fe}_2\text{O}_3$ の組成範囲が50モル%以上の $\text{Ni}-\text{Zn}-\text{Co}$ フェライトは、比抵抗が大きく、ヒステリシス損失もB-H曲線の原点に狭いウエスト(くびれ)を有するヒステリシスループをもつため小さく、1MHz以上の高い周波数帯域で、有効な磁気素子である。

【0004】しかし、この磁気素子は、B-H曲線のメジャーLoopにおける保磁力(Hc)以上の直流磁界が一旦かかると、低損失性は完全に消失し、これを回復させるには、キュリー点以上からの焼鈍による消磁しか方法がないという問題点があった。この磁気素子は、臨界磁界のしきい値を超えない範囲で動作させる場合には問題ないが、装置に組み込んだ後で、マグネットが触れたというようなダメージには、打つ手がないという問題点があった。上述の様に、1MHz以上の高周波スイッチング電源トランス用磁気素子として、ヒステリシス損失が小さく、高抵抗で渦電流損失が小さく、直流磁界が一旦かかっても低損失性が消失しないものが望まれている。本発明は、1MHz以上の高い周波数帯域で、低磁気損失のパーミンバタイプの $\text{Ni}-\text{Zn}-\text{Co}$ 系フェライトを用いた磁気素子において、直流磁界が一旦かかっても、その低磁気損失性が消失しない磁気素子を提供することと、この磁気素子を用いることにより、高い周波数帯域で実用的に動作できる共振型スイッチング電源装置又はDC-DCコンバーターを提供することを目的とするものである。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  56～65モル%、 $\text{ZnO}$  12～20モル%、 $\text{NiO}$  4～32モル%、 $\text{MnCO}_3$ 、又は $\text{MnO}_2$  0.5～5モル%、 $\text{CuO}$  0.1～6モル%、 $\text{Co}_3\text{O}_4$  0.01～

3モル%、 $V_2O_5$  0~3重量%の組成範囲からなる酸化物磁性材料で形成した磁気素子に、該磁気素子のB-H曲線のメジャーープにおける保磁力(Hc)以上の大きさに相当する直流磁界を一旦印加した後、該磁気素子を100℃以上、該磁気素子のキュリー温度を $T_c$ (℃)とするとき、 $T_c+100$ ℃以下の温度で加熱(熱処理)することを特徴とする高周波電源用磁気素子であり、この磁気素子を用いることを特徴とする高周波で動作させる共振型スイッチング電源装置又はDC-DCコンバーターである。

#### 【0006】

##### 【実施例】実施例1

$Fe_2O_3$  57.5モル%、 $ZnO$  15モル%、 $NiO$  22モル%、 $MnCO_3$  3モル%、 $CuO$  2モル%、 $Co_3O_4$  0.5モル%の割合で配合し、振動ミルにより、2時間混合し、その粉末混合物を1100℃で2時間仮焼成し、その後振動ミルで2時間粉碎した。これに有機バインダーを加えて造粒、成形し、1300℃、2時間焼成して、外径20mm、内径10mm、厚さ5mmのリング状試料を作製した。この試料の磁気特性は、初透磁率( $\mu_i$ )=150、キュリー温度( $T_c$ )=300℃、飽和磁束密度( $B_{ms}$ )=320mT、保磁力(Hc)=300A/m、比抵抗( $\rho$ )= $3 \times 10^6 \Omega \cdot m$ 、コアロス( $P_c$ )=320kw/m<sup>3</sup>(10MHz、20mT、室温)であった。この試料に巻線を施し、2000A/mの直流磁界を10秒間印加し、取り去った後、280℃、2時間で熱処理を行ない、本発明の磁気素子を得た。この磁気素子に100A/mの直流磁界を10秒間印加し取り去った後、10MHz、20mT室温の条件でコアロスを測定した。コアロスは、カロリメータを用いて、磁気素子の温度上昇を測定し、算出した。次に、200A/mの直流磁界を10秒間印加し取り去った後、コアロスの測定を行なった。徐々に印加直流磁界を大きくし、5000A/mまでこの操作を繰り返し、コアロスの測定を行なった。この結果を図1に示す。比較として、 $Fe_2O_3$  47.5モル%、 $NiO$  35モル%、 $ZnO$  15モル%、 $CuO$  2モル%、 $Co_3O_4$  0.5モル%の組成からなる鉄不足系フェライトで形成した磁気素子を測定した結果を従来例1とし、実施例1の磁気素子で、直流磁界の印加、熱処理を行なわない焼成後の磁気素子を測定した結果を従来例2とし、実施例1の磁気素子で、直流磁界の印加を行わず、280℃の熱処理のみを行なった磁気素子を測定した結果を従来例3として図1中に示した。また、2000A/mの直流磁界を印加しながら、280℃で熱処理した磁気素子を測定した結果を従来例4として図1中に示した。本発明の磁気素子は、直流磁界の弱い領域でのコアロスは、400kw/m<sup>3</sup>以下と小さくかつ5000A/mの直流磁界を印加しても、急激なコアロスの増加はなく、400kw/m<sup>3</sup>以下であ

った。しかし、従来例2、3、4は、印加直流磁界が小さい領域では、コアロスは400kw/m<sup>3</sup>以下であるが、500A/m以上の直流磁界を印加すると、コアロスは急激に増加し、5000A/mの印加により、約8000kw/m<sup>3</sup>となり、実用化は望めない。さらに、従来例1は、直流磁界の印加の影響をあまり受けることなく、5000A/mの直流磁界の印加でも、コアロスの急激な増加は見られなかったが、コアロスが1800kw/m<sup>3</sup>と大きいため、実用化は望めない。

10 【0007】図2は、熱処理前の印加直流磁界の強さを変え、280℃で熱処理した後、5000A/mの直流磁界を印加した後に、コアロスを測定した結果である。特許請求の範囲を限定した理由として、熱処理前に印加する直流磁界の強さは、図2から明らかなように、この磁気素子の保磁力(Hc)、300A/m未満の直流磁界では、効果がないことがわかる。これは、図1に示した従来例2、3、4においても、300A/m未満の弱い直流磁界では、元々影響を受けない領域であるため効果がないものと考えられる。

20 【0008】図3は、2000A/mの直流磁界を印加した後に、温度を変えて熱処理を行なった後、5000A/mの直流磁界を印加した後にコアロスを測定した結果である。熱処理温度を限定した理由は、図3から明らかなように、磁気素子のキュリー温度を $T_c$ (℃)とするとき、 $T_c+100$ ℃以上( $T_c+100$ ℃は含まない)では、完全に消磁されてしまい、従来例2の磁気素子と全く変わらない磁気素子となり、100℃未満の温度では、熱処理の効果が見られないためである。熱処理前の印加直流磁界は、磁路方向と平行に印加することが望ましいが、磁路方向に垂直に印加した場合でも同様の効果が得られた。また、直流磁界の印加時間は、10秒としたが、この時間は長短にかかわらず、同じ効果が得られた。さらに、熱処理の昇温速度、冷却速度は、1000℃/hr以下であれば同じ効果が得られ、熱処理時間も長短にかかわらず同じ効果が得られた。

##### 【0009】実施例2

磁気素子を形成する材料の組成範囲が、 $Fe_2O_3$  56~65モル%、 $ZnO$  12~20モル%、 $NiO$  4~32モル%、 $MnCO_3$ 又は $MnO_2$  0.5~5モル%、 $CuO$  0.1~6モル%、 $Co_3O_4$  0.013モル%、 $V_2O_5$  0~3重量%であれば、1MHz以上の高い周波数帯域で、ヒステリシス損失が小さくかつ渦電流損失の小さい低磁気損失酸化物磁性材料が得られた。この組成範囲で実施例1と同様に形成した磁気素子の磁気特性は、 $\mu_i=60 \sim 200$ 、 $T_c=200$ ℃以上、 $B_{ms}=270$ mT以上、 $H_c=250 \sim 400$ A/m、 $\rho=3 \times 10^6 \Omega \cdot m$ 以上、 $P_c=400$ kw/m<sup>3</sup>以下(10MHz、20mT、室温)であった。この組成範囲の酸化物磁性材料で形成した磁気素子に、2000A/mの直流磁界を10秒間印加し、直流磁界を取り

去った後、280℃の温度で熱処理を行なった結果、5000 A/mの直流磁界を印加しても、コアロス急激な増加はみられず、400 kW/m<sup>2</sup>以下であり、実施例1の磁気素子と同じ効果が得られた。

#### 【0010】実施例3

実施例1の磁気素子を図5に示したトランス形状とし、2個を組み合わせ、巻線を施し、トランスを形成した。このトランスの磁路長は30mm、有効断面積は50mm<sup>2</sup>であった。このトランスを図4に示した電圧共振型コンバータ回路に組み込み、10MHz、20mTで動作させた。その結果、出力100Wに対して電力効率が86%と高い値を得ることができた。また、このトランスに約200mTの磁石を約10秒間触れた後、同様に動作させた結果、出力100Wに対して電力効率が84%と高い値を維持した。一方、従来例2、3、4の磁気素子を同様に組み込み動作させた結果、電力効率は各々85、87、88%と高い値を得ることができたが、約200mTの磁石を約10秒間触れた後、同様に動作させた結果、電力効率は60%以下に低下し、トランスは5分以内に100℃以上となり、明らかに熱暴走状態を示していた。

#### 【0011】

【発明の効果】本発明によれば、1MHz以上の高い周波数帯域で、高い比抵抗を有し、低磁気損失性をもちながら、直流磁界を印加することにより、この低磁気損失

性を完全に消失してしまうという特有な性質をもちパーミンパフェライトで知られる材料で形成された磁気素子において、限定された直流磁界を一旦印加した後に、限定された温度で熱処理することにより、直流磁界が印加されても、また、マグネットに触れることがあっても、低磁気損失を消失することがなく、コアロスを400 kW/m<sup>2</sup>以下におさえることができ、トランス形状のこの磁気素子を高周波共振型スイッチング電源やDC-DCコンバータに用いた場合、電力消費が小さく、効率的な高周波動作が達成できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】印加直流磁界がコアロスへ与える影響を示す図である。

【図2】コアロスと熱処理前の印加直流磁界との関係を示す図である。

【図3】コアロスと熱処理温度との関係を示す図である。

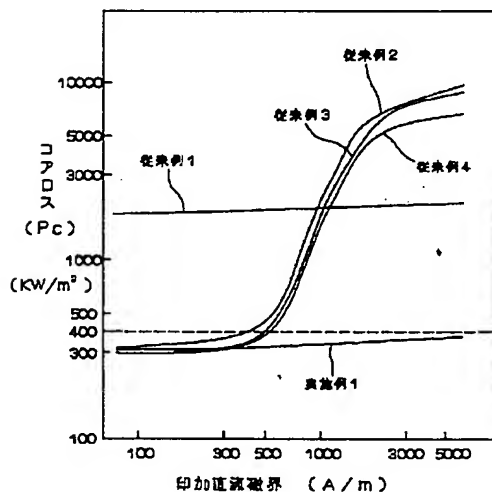
【図4】電圧共振型コンバータの回路図である。

【図5】トランスの形状図である。

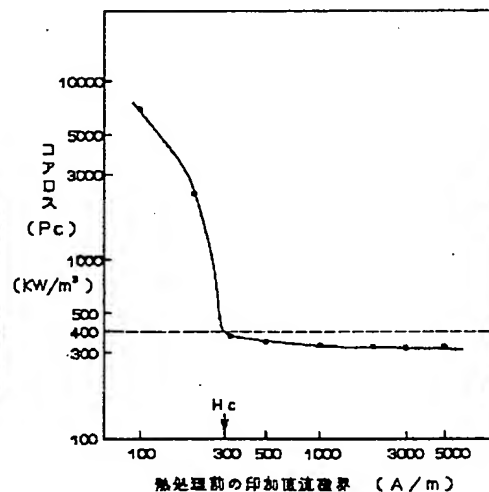
#### 【符号の説明】

- 41 トランス
- 42 スwitchング素子
- 43 インダクタ
- 44 コンデンサ
- 45 ダイオード

【図1】



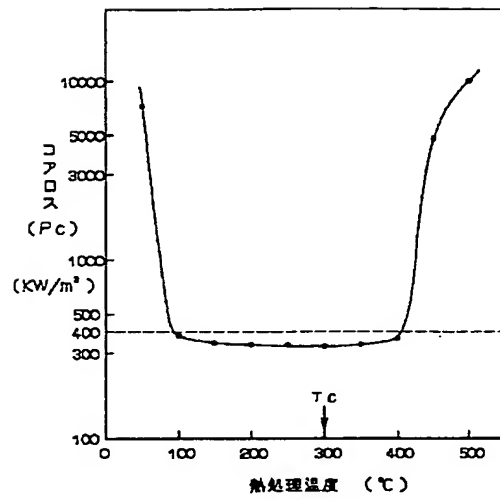
【図2】



【図5】



【図 3】



【図 4】

